

17. Singh A., Dalgleish D. The emulsifying properties of hydrolyzates of whey proteins, J. Dairy Sci, 1998, 81, 918–924.
18. Konrad G, Kleinschmidt T, Rohenkohl H., Reimerdes E. Peptic partial hydrolysis of whey protein concentrate for modifying the surface properties of whey protein. I. Optimization of hydrolysis conditions, Milchwissenschaft, 2005, 60(1), 59–62.
19. Chobert J., Briand L., Gunguen J., Popineau Y. Recent advances in enzymatic modifications of food proteins for improving their functional properties, Nahrung, 1996, 40(4), 177–182.
20. Rahali V., Chobert J., Haert T., Gunguen J. Emulsification of chemical and enzymatic hydrolysates of β -lactoglobulin: characterization of the peptides adsorbed at the interface, Nahrung, 2000, 44, 89–95.
21. Kuraishi C., Yamazaki K., Susa Y. Transglutaminase: its utilization in the food industry, Food Rev Int, 2001, 17(2), 221–246.
22. Zhu Y., Rinzema A., Tramper J., Bol J., Microbial transglutaminase – a review of its production and application in food processing, Appl Microbiol Biotechnol, 1995, 44, 277– 282.

УДК 664.951

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПРОМЫВКИ РЫБНЫХ БЕЛКОВЫХ МАСС ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫМИ РАСТВОРАМИ

**Маевская Т.Н., аспирант, Виннов А.С., канд. техн. наук, доцент
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев**

Экспериментально подтверждена целесообразность использования анолитов для промывки рыбных белковых масс. Представлена математическая модель и указаны оптимальные параметры процесса промывки на основе изучения динамики накопления белковых веществ в промывочной жидкости.

Experimentally verified the feasibility of using anolytes wash FPM. A mathematical model and identifies the optimal parameters of the extraction process on the dynamics of accumulation of proteins in the circulating fluid.

Ключевые слова: рыбная белковая масса, промывка, белковые вещества, анолит.

В последнее время широкое распространение получила переработка различных малоценных видов рыб для получения различных имитированных продуктов – мяса ракообразных, филе ценных видов рыб и др. Основой этих продуктов является промытая (стабилизированная) рыбная белковая масса (РБМ), которая может быть получена из пресноводного культивированного сырья, объемы производства которого в Украине постоянно возрастают. Промывка измельченного сырья является одним из наиболее важных и трудоемких процессов при производстве РБМ. Именно эффективность извлечения во время промывки белков саркоплазмы, ферментов, нуклеотидов, небелковых азотистых веществ обеспечивает высокие показатели качества белковой массы типа «сурими».

В этой связи разработка способов и режимов промывки белковых масс из пресноводного сырья является своевременной и актуальной задачей.

Традиционно в качестве промывочной жидкости используется пресная вода, однако различными исследованиями отмечено, что использование с этой целью кислых растворов, к примеру, органических кислот - лимонной и янтарной кислот [1], является более эффективным. Также было установлено, что использование для промывки кислого анолита, полученного в результате электролиза пресной воды в мембранных электролизерах, позволяет получить продукт с лучшими органолептическими свойствами [2]. Спектрофотометрические исследования промывочных растворов [3,4] подтвердили, что анолит вымывает азотистые вещества по сравнению с водою и растворами минеральных кислот (при одинаковой ионной силе раствора) более эффективно. Однако сведения об оптимальных параметрах процесса промывки РБМ анолитами в литературных источниках отсутствуют.

Таким образом, цель настоящего исследования состоит в определении оптимальных параметров процесса промывки РБМ анолитами.

Для достижения поставленной цели в экспериментальной части работы были рассмотрены следующие задачи:

- получить уравнение регрессии, описывающее процесс экстракции водорастворимых компонентов РБМ анолитами;
- определить оптимальные условия и точку максимума экстракции;

— обосновать оптимальные значения температуры, pH, гидромодуля, продолжительности и кратность промывок РБМ анолитом.

В качестве сырья в исследованиях был использован карп обыкновенный (*Cyprinus carpio*), со средней массой экземпляра около 300 г. Карпа разделяли на обесшкуренное филе и измельчали на волчке с диаметром отверстий зеерной решетки – 3 мм. Полученный фарш направляли на промывку кислым анолитом.

Анолит (pH 3,5-5,5) получали электролизом водопроводной воды в мембранным электролизере с керамической мембраной. Измерение pH проводили с использованием pH – метра pH-150МИ.

Промывку фарша выполняли согласно с матрицей полного факторного эксперимента. Уровни и интервалы варьирования входных параметров полного четырехфакторного эксперимента (табл. 1) были установлены на основании литературных данных и результатов собственных предварительных исследований. В качестве критерия оптимизации было использовано количество белковых веществ в промывочном растворе анолита.

После промывки РБМ центрифугировали при 8000 об/с в течении 15 мин для отделения промывной жидкости. Динамику удаления азотистых веществ при различных режимах промывки оценивали по количеству общего азота в промывной жидкости, определяемого по методу Кельдаля согласно ГОСТ 7636, с использованием автоматического анализатора Velp Scientifica.

Таблица 1 – Параметры четырехфакторного эксперимента

Уровни варьирования	Кодируемые параметры			
	температура промывной жидкости	продолжительность промывки	гидромодуль	pH анолита
	x ₁ , °C	x ₂ , мин	x ₃	x ₄
Верхний уровень	15	12	0,5	5,5
Нижний уровень	5	2	6	3,5
Основной уровень	10	7	3,25	4,5
Шаг варьирования	5	5	2,75	1

В результате реализации полного факторного эксперимента (ПФЭ) были получены адекватные линейные математические модели процесса промывки в кодированном (1) и натуральном виде (2):

$$Y = 0,03017 + 0,000605 \cdot x_3 + 0,00069 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,00059 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 \quad (1)$$

$$Y = -0,00923 + 0,00062 \cdot x_1 - 0,00016 \cdot x_2 + 0,00377 \cdot x_3 + 0,00139 \cdot x_4 + 0,00019 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,00014 \cdot x_1 \cdot x_4 - 0,00043 \cdot x_3 \cdot x_4 + 0,00050 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,00004 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 \quad (2)$$

где Y – количество белковых веществ в промывной жидкости, мг/г;

x₁ – температура промывной жидкости, °C;

x₂ – продолжительность промывки, мин;

x₃ – гидромодуль;

x₄ – pH анолита.

Поскольку, количественная мера степени влияния каждого из факторов на исследуемый параметр – абсолютная величина коэффициента регрессии, вычисленного по результатам эксперимента, то из анализа уравнения (1) следует, что наибольшее положительное влияние на результирующий признак имеет в гидромодуль. Для увеличения значения критерия оптимизации также необходимо совместное увеличение (умножение) значения таких параметров, как продолжительность промывки и гидромодуль, или одновременное изменение в разных направлениях значений температуры, гидромодуля и pH анолита.

Полученная в натуральном виде математическая модель послужила основой для оптимизации процесса помывки симплекс-методом. В качестве целевой функции было принято уравнение регрессии (2), а ограничениями служили нижний и верхний уровни варьирования факторов. Был рассмотрен вариант максимизации целевой функции. В результате было установлено, что наиболее эффективным является промывка анолитом с pH 5,5 в течении 12 мин с гидромодулем 6 при температуре 5 °C.

Для нахождения оптимальной кратности промывок и подтверждения оптимального значения pH был повторно проведен полный факторный эксперимент с варьированием не температуры, а количества промывок – от 1 до 4. В качестве промывочного раствора был использован анолит с температурой 5 °C. В результате этих исследований получена адекватная математическая модель, которая описывается уравнением (3) в кодированном виде и уравнением (4) в натуральном виде:

$$Y = 0,016119 + 0,002722 \cdot x_2 - 0,01364 \cdot x_3 + 0,000636 \cdot x_1 \cdot x_4 - 0,00307 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,000613 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0,000637 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 \quad (3)$$

$$Y = 0,031917 + 0,0001 \cdot x_1 + 0,003299 \cdot x_2 + 0,006675 \cdot x_3 + 0,00156 \cdot x_4 - 0,000207 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,000023 \cdot x_1 \cdot x_4 - 0,000744 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,000099 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0,000046 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 \quad (4),$$

где Y – количество белковых веществ в промывной жидкости, мг/г;

x_1 – продолжительность промывки, мин;

x_2 – гидромодуль;

x_3 – кратность промывок;

x_4 – pH анолита.

Уравнение (3) подтверждает наибольшее положительное влияние гидромодуля на выходной параметр, и показывает, что с увеличением кратности промывок количество экстрагируемых водорастворимых белковых веществ уменьшается. Одновременное совместное увеличение (уменьшение) продолжительности и pH, гидромодуля и pH, а также одновременное изменение в различных направлениях гидромодуля и кратности, продолжительности, гидромодуля и pH способствует повышению эффективности экстрагирования белковых веществ анолитом.

По адекватной математической модели (уравнение (4)) построены поверхности откликов для 1-4 промывок (рис.1) анолитом с температурой 5 °C в течение 12 мин. Из анализа представленных данных следует, что наиболее эффективным является использование анолита с pH 5,5 при гидромодуле 6.

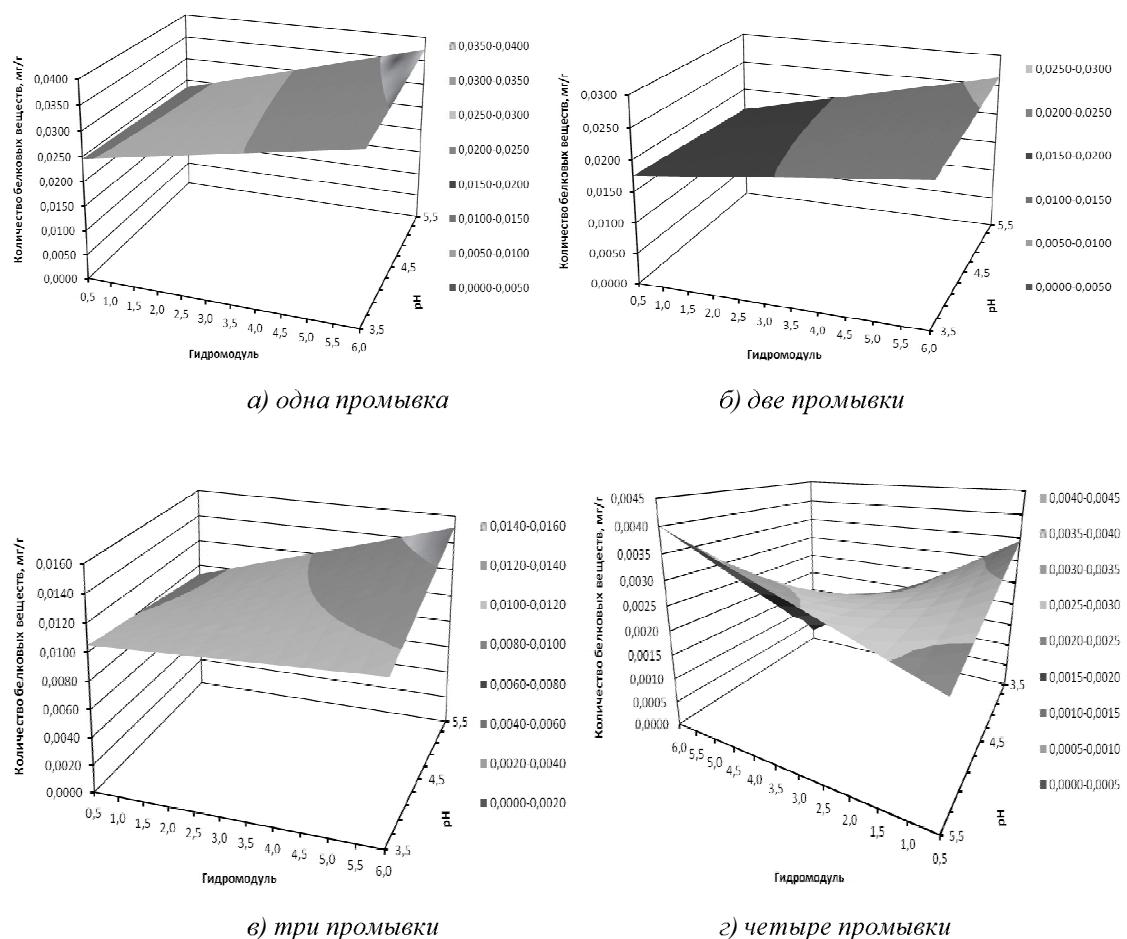


Рис. 1 – Динамика накопления в промывной жидкости белковых веществ при постоянной температуре и продолжительности промывки

Для уточнения количества достаточных промывок был использован метод дифференциального анализа. Экспериментальная зависимость количества белковых веществ у промывной жидкости от кратности промывок была аппроксимирована с уровнем достоверности равным единице, полиномом четвертой степени (рис. 2).

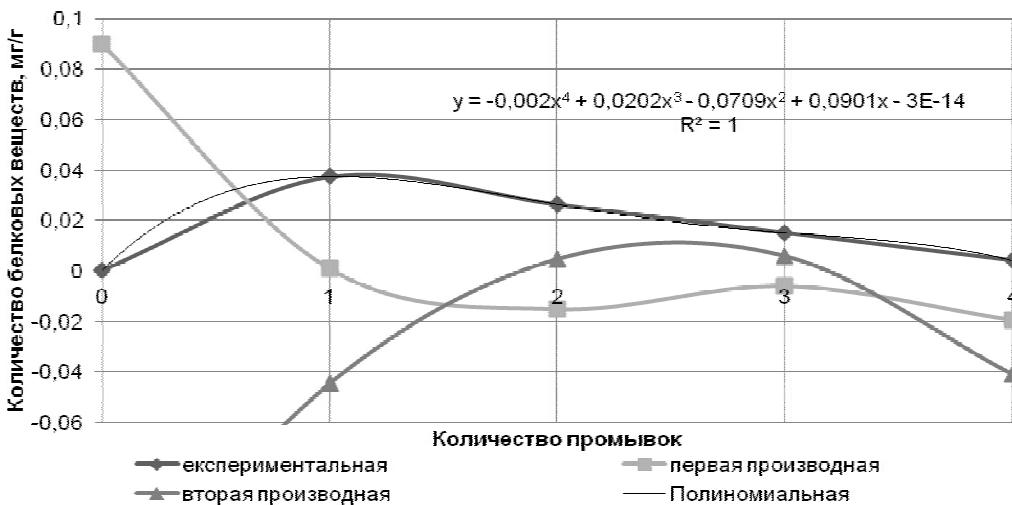


Рис.2 – Залежність кількості білкових речовин в аноліті від кратності промивок

Полученная функциональная зависимость была исследована на наличие экстремумов. Табуляция полученных выражений для первой и второй производной позволяют утверждать, что достаточно использование двукратной промывки РБМ анолитами.

Выводы

1. В результате проведенных исследований получены математические модели, адекватно описывающие процесс промывки рыбных белковых масс анолитами в выбранном диапазоне варьирования факторов.
2. Установлено, что во время первой промывки наиболее эффективным является использование анолита с гидромодулем 6, температурой 5 С, pH 5,5 при продолжительности промывки 12 мин. Также доказана целесообразность использования этих условий и в последующих промывках.
3. Подтверждена достаточность двукратной промывки сырья анолитами в технологии рыбных белковых масс.
4. Целесообразно оценить влияние промывки рыбного сырья анолитами на реологические свойства белковых масс из карпа.

Литература

1. Ярцева Н.В. Изучение возможности улучшения качества рыбного фарша путем промывания органическими кислотами / Н.В. Ярцева, Н.В. Долганова // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2011. – № 1. – С.158-165.
2. Виннов А.С.Использование анолитов для производства рыбных белковых масс / Виннов А.С., Маноли Т.А. // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2011. – Вип.40, т. 2. – С.117-120.
3. Маевська Т. Використання електролітів для промивання рибного фаршу / Маевська Т., Віннов О. // Продовольча індустрія АПК. – 2011. – № 6. – С.27-30.
4. Маевская Т.Н. Использование электроактивированной воды в технологии рыбных белковых масс / Маевская Т.Н., Виннов А.С., Бобков Н.И. // Третя наук.-практ. конф. з міжнародною участю «Вода в харчовій промисловості»: збірник матеріалів. – Одеса: ОНАХТ, 2012. – С.66